

ОСНОВЫ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ



**Методические указания
для средних
общеобразовательных
школ**



Основы интернета вещей. Методические указания для средних общеобразовательных школ [науч. ред. А.С. Сомов] – М: Сколковский институт науки и технологий, 2019. – 26 с.

УДК 004.7

В методических указаниях приводится общий обзор концепции интернета вещей, дается базовая теория и примеры систем, рассмотрены ключевые составляющие «сквозной» технологии – датчики, беспроводные технологии, программное обеспечение, облачные технологии и другие. Приведены отдельные отраслевые примеры применения интернета вещей. Методические указания содержат сведения, которые могут быть использованы как преподавателями, так и обучающимися средних общеобразовательных школ для самостоятельного изучения.

Центр компетенций Национальной технологической инициативы по направлению «Технологии беспроводной связи и интернета вещей» основан в июне 2018 года на базе Сколковского института науки и технологий для содействия российским коммерческим и государственным компаниям в преодолении технологических барьеров и создании конкурентоспособных продуктов и услуг для мирового рынка в области технологий интернета вещей и беспроводной связи, прежде всего сотовой связи следующих поколений (5G и 6G), промышленного интернета вещей (IIoT) и обработки промышленных данных.

Обложка: www.piqsels.com (Creative Commons Zero - CC0)

© Сколковский институт науки и технологий, 2019

Содержание:

Введение	4
1. История возникновения интернета вещей	5
2. Сферы применения интернета вещей	6
3. Технологии интернета вещей	8
3.1. Датчики и «умные» датчики	8
3.2. Машинное обучение	12
3.3. Беспроводные технологии	14
3.4. Программное обеспечение	18
3.5. Облачные технологии	22

Введение

Идея интернета вещей (Internet of Things, IoT) играет ключевую роль в развитии IT индустрии. В США интернет вещей включен в перечень прорывных технологий, а в Китае – в число семи стратегических отраслей промышленности. Активно ведутся разработки в Австралии, Англии, Южной Корее и Японии. Так что же такое интернет вещей?

Русский термин «интернет вещей» происходит от английского «Internet of Things». Общеизвестной аббревиатурой на английском языке является «IoT». Однако, в отличие от общеизвестного термина и аббревиатуры на английском языке, у интернета вещей нет общепринятого определения. Практически у каждой организации в мире, разрабатывающей свои стандарты, есть свое определение интернета вещей. Кроме этого, у большинства корпораций есть собственное определение этой технологии, продиктованное их бизнес-интересами.

В то же время в мировом сообществе IoT часто пользуются лишь двумя определениями. Первое трактует интернет вещей как устройства, объекты и сервисы, объединенные в глобальную сеть с интеллектуальными возможностями. Примером такого понимания является «умный» дом, в котором все предметы соединены в одну сеть, изучают привычки жильцов и подстраиваются под них. Например, если вы просыпаетесь в выходной день в определенное время, то вас будет ждать готовый завтрак.

Второе определение звучит как набор ключевых технологий, необходимых для реализации самой концепции интернета вещей. Например, это датчики, которые являются так называемыми «вещами» и способные собирать данные, это технологии беспроводной связи, которые используются для передачи этих данных, это облачные технологии, которые применяются для хранения и обработки данных, а также искусственный интеллект, безопасность и многое другое.

1. История возникновения интернета вещей

Считается, что первым термин «интернет вещей» предложил Кевин Эштон во время презентации в компании Procter and Gamble в 1999 году. На самом деле, Кевин Эштон называл этот термин, как Internet for Things. Основатель термина был уверен, что концепция интернет вещей – это возможность наделить компьютеры дополнительной информацией, собранной при помощи датчиков и RFID-меток (Radio Frequency IDentification, радиочастотная идентификация). После появления термина интернет вещей в 1999 году началось относительно медленное развитие этой технологии. Лишь в 2003 году появляется первая аппаратная платформа интернета вещей, которая называется Arduino. Arduino – это одноплатный компьютер, который позволяет связывать датчики и исполнительные устройства по сети, управлять ими и взаимодействовать со средой. Этот итальянский проект из устройства для непрофессионалов и новичков со временем превратился в коммерческий проект с широкой линейкой предлагаемых устройств интернета вещей.

В 2007 году появляется онлайн-сервис Pachube (Пачбей), который служит для сбора данных и их визуализации в Интернет. Это решение позволило соединить данные от множества датчиков и платформы Arduino по всему миру в один сервис, при помощи которого стало возможно собирать и обрабатывать данные с удаленных устройств и предоставлять новые сервисы, например, погодные. Следующим знаковым периодом стал 2008-2009 год, когда компания Cisco сделала заявление, что число устройств, подключенных к Интернет, превысило численность населения Земли.

В 2010 и 2011 годах появились научные проекты IoT-A и iCore. IoT-A предложил модель архитектуры интернета вещей с описанием всех функциональных блоков архитектуры. Проект iCore предложил ряд концепций и алгоритмов для разработки умного интернета вещей с рядом самонастраивающихся функций, которые по максимуму могли обеспечить запросы пользователя.

Вопросы для самопроверки:

- Какие есть определения термина «интернет вещей»?
- Какие были основные вехи развития систем интернета вещей?

2. Сферы применения интернета вещей

Области применения интернета вещей безграничны, и с каждым годом будут появляться новые технологии, устройства и сервисы, которые будут закрывать белые пространства в индустрии и решать различные проблемы общества. В 2016 году к Интернету было подключено более 6.5 млрд устройств, а по оценке Boston Consulting Group, к 2020 году число подключенных устройств достигнет 25 млрд. Помимо быстрого роста числа девайсов и гаджетов с выходом в сеть, значительной будет и выгода от внедрения IoT технологий – до 11 трлн. долларов к 2025 году.

В настоящее время быстрыми темпами развиваются технологические решения, которые не только облегчают жизнь людям и оптимизируют бизнес-процессы компаний, но и попытаются решить глобальные проблемы человечества. Например, американское агентство NASA совместно с компанией CISCO создает системы глобального сбора данных о Земле «Кожа планеты», или Planetary Skin. «Кожа планеты» - это платформа для глобального экологического мониторинга. В проекте используют спутниковую сеть, беспилотные самолеты и наземные средства с целью контроля земных ресурсов и сбора всесторонней информации. Это нужно для того, чтобы своевременно распознавать глобальные климатические изменения и адаптироваться к ним.

IoT обладает рядом важных преимуществ. Во-первых, он универсален как для сферы обслуживания потребителей, так и для многих отраслей бизнеса. Во-вторых, у IoT уже есть готовая инфраструктура – это мобильные и фиксированные сети, а дальнейшее внедрение (сенсоры, приложения, платформы) достаточно дешево. Как отмечает компания PricewaterhouseCoopers (PwC), распространению технологии IoT способствовали 4 тренда:

1. более низкая стоимость вычислительных мощностей (процессоров, памяти и систем хранения данных);
2. более низкая стоимость передачи данных;
3. распространение гибких систем хранения и анализа данных;
4. быстрый рост числа «подключенных» устройств.

Преимущества применения интернета вещей зависят от индустрии, но в целом, его применение ведет к оптимизации ресурсов и бизнес-

процессов. Наиболее часто по сферам применения системы интернета вещей делят следующим образом:

Направление	Приложение
Интернет вещей (IoT)	Дом
	Образ жизни
	Здоровье
	Мобильность
Промышленный интернет вещей (IIoT)	Розничная торговля
	Здравоохранение
	Энергетика
	Сельское хозяйство
	Умный город
	Умный транспорт
	Производство
Общественные услуги и сервисы	

Вопросы для самопроверки:

- Какие отраслевые приложения интернета вещей являются на сегодня наиболее перспективными?
- Какие примеры датчиков, используемых для задач интернета вещей, Вы можете указать?
- Какие плюсы и минусы внедрения технологий промышленного интернета вещей существуют на сегодня?

3. Технологии интернета вещей

3.1. Датчики и «умные» датчики

Датчики – это устройства, заменяющие 5 чувств человека, в том числе, в контексте интернета вещей. Датчики помогают собирать данные, которые в дальнейшем обрабатываются и служат основой всех «умных» приложений. Датчик – это измерительное средство, необходимое для преобразования физических величин и всего, что происходит вокруг нас, в удобный для дальнейшего использования сигнал. Как правило, большинство датчиков в контексте интернета вещей преобразуют измеряемые физические величины в электрический сигнал. Таким образом, полученный сигнал в виде напряжения или тока очень удобен – он может быть сразу же оцифрован, отправлен по сети и подвергнут дальнейшей обработке.

На сегодняшний день, при помощи датчиков возможно измерить практически любые физические параметры и ситуации, происходящие вокруг нас: это акустические шумы, вибрации, газовые и химические составляющие среды, магнитное поле, влажность, температура, радиация, навигация, позиционирование, оптические и визуальные эффекты. Более того, датчики позволяют определить психоэмоциональное состояние человека, уровень его усталости или раздражения.

Датчики классифицируются по измеряемому параметру (датчики давления, температуры, положения), по методу измерения (активные и пассивные датчики), по принципу действия (оптические, пьезоэлектрические), по технологии изготовления (интегральные или элементные), по характеру выходного сигнала (аналоговые, цифровые, импульсные).

Хороший датчик должен обладать достаточной точностью и разрешением, малой погрешностью и быстрым откликом на измеряемую величину.

Работа интернета вещей подразумевает под собой множество автоматических функций для обеспечения общения «вещей» между собой и подстройки среды для удобства человека, поэтому точные и надежные измерения являются необходимым условием для обеспечения качественного управления.

Давайте рассмотрим принцип работы датчиков на примере термисто-

ра. Термистор – датчик, который часто используют для измерения температуры. При изменении окружающей среды, его сопротивление меняется. Другой пример – это каталитический датчик газа: чувствительный элемент датчика нагревается до 450 С, и при попадании частиц газа на чувствительный элемент происходит химическая реакция, которая, как и в случае с термистором, вызывает изменение сопротивления датчика.

Но как определить такое изменение сопротивления датчика и использовать этот сигнал для дальнейшей обработки? Таким образом, мы постепенно подошли к понятию «умный» датчик. На сегодняшний день, под «умным» датчиком и «вещью» интернета вещей часто подразумевается миниатюрная встроенная система, состоящая из микроконтроллера, датчика, беспроводного передатчика и батареи питания. Что же это за элементы?

Микроконтроллер – это мозг «умного» датчика, который определяет, насколько изменилось сопротивление датчика, оцифровывает это показание, может обработать измеренный сигнал или отправить полученную величину по сети на рабочий компьютер оператору или облачный сервис в сети Интернет при помощи беспроводного передатчика. Такие умные датчики можно устанавливать в труднодоступных местах и получать информацию об измеряемой физической величине 24 часа в сутки.

Умные датчики часто объединяют вместе и называют беспроводной сенсорной сетью. Смысл работы такой сети заключается в проведении измерений сразу в нескольких точках в необходимом контексте и передаче измеренных данных по сети от одного датчика к другому, пока сообщение не дойдет до координатора сенсорной сети. Координатор – это, как правило, такое же, но более мощное измерительное устройство, способное передать данные сразу в Интернет или пользователю. Таким образом, технология сенсорной сети позволяет покрыть большие территории для мониторинга и при этом экономить на энергозатратах умных датчиков, т.е. передавать данные не сразу на большие многокилометровые расстояния, а на короткие от одного датчика к другому.

Беспроводные сенсорные сети применяются в задачах мониторинга определенной местности или объектов, когда для полноты картины необходимы несколько точек для сбора данных. Например, сенсорные сети используют для детектирования пожара в лесах, мониторинга кратера вулкана, целостности конструкций, таких как мосты или старинные

здания, утечки взрывоопасных газов в бойлерных, и другие.

Достоинством технологии сенсорных сетей является автономность работы, т.к. «умные» датчики в составе сети питаются от батареек, удобство развертывания сети, т.к. для этого не требуются провода. Кроме этого, в современных умных датчиках реализованы алгоритмы, которые позволяют автоматически настраивать развернутую сеть, а вся топология и каналы связи между датчиками настраиваются автоматически.

Достоинство автономной работы умных датчиков и сенсорных сетей является одновременно и лимитирующим фактором, т.к. батареи питания имеют конечную емкость. Поэтому инженеры и исследователи работают над разработкой целого комплекса решений для умных датчиков, позволяющих снизить энергопотребление. Это касается, как аппаратных решений, так и программных. К программным решениям относятся операционные системы, протоколы обмена данными, алгоритмы построения топологии сети, т.е. связей между беспроводными сенсорными устройствами, а также измерительные методы для датчиков и увеличение периода измерений. К аппаратным решениям снижения энергопотребления относятся: снижение энергопотребления каждым электронным компонентом в составе «умного» датчика, будь то сам датчик, микроконтроллер или приемопередатчик.

В отличие от экономии энергии, развивается направление сбора альтернативной энергии, ее накопления и питания умных устройств. На данный момент, успешно используется солнечная энергия, вибрации, тепло человека и радио сигналы для питания умных датчиков и сенсорных сетей. Активно ведутся исследования в направлении, так называемых, Zero Power технологий. Ожидается, что датчики будут самодостаточны в плане обеспечения себя электроэнергией за счет сбора альтернативной энергии и не будут полагаться на батарейки.

В интернете вещей в качестве датчиков используются видеокамеры слежения, беспроводные приемопередатчики, смартфоны и даже социальные сети. Все атрибуты современного человека (например, его ноутбук/смартфон) служат датчиками: на основе активности человека в сети, его перемещения, использования различных сервисов и приложений можно выявить его привычки, ежедневный маршрут и многое другое. Эта информация используется для формирования контекстной рекламы и подбора интересных ему как виртуальных, так и реальных сервисов, а также развлечений.

Видео камеры слежения используются в городах для идентификации движущихся объектов, наиболее продвинутые камеры могут детектировать эмоции людей. Беспроводные приемопередатчики очень часто используются для задач локализации объектов. Помимо этого, анализ данных социальных сетей демонстрирует свой потенциал для умных применений. Например, в некоторых странах результаты анализа сообщений в Twitter часто используются при планировании больших спортивных мероприятий и концертов, а также работы и оптимизации маршрутов транспорта. Открытые данные социальных сетей с последующей обработкой применяются для анализа настроения большой массы людей, а также управление потоками людей по окончании мероприятий.

Однако действительно повсеместному использованию умных датчиков препятствуют несколько факторов – это их размер, стоимость, т.к. парадигма интернета вещей предполагает повсеместное использование датчиков, энергопотребление и возможность удаленной калибровки.

Калибровка – это важный термин для датчиков и означает процесс установления зависимости выходной величины, измеренной датчиком, с входной измеряемой величиной. Не все виды датчиков, на сегодняшний день, можно миниатюризировать до размеров спичечной головки и не все датчики могут потреблять при работе так мало мощности в диапазоне микроватт, как термисторы.

Те же каталитические датчики газа потребляют по несколько сотен милливатт и требуют регулярной калибровки, необходимой для единства измерений. Эти причины часто ограничивают развертывание решений интернета вещей и значительно усложняют их обслуживание.

Но даже несмотря на это, на сегодняшний день развернуто немало пилотных и коммерческих проектов по интернету вещей во многих областях. Это контроль транспорта и инфраструктуры в городах, контроль энергопотребления и функционирования оборудования на предприятиях, природный мониторинг и детектирование утечки газов. Приложения IoT на основе умных датчиков и сервисов продолжают только расти и трансформироваться в умные приложения, которые способны принимать решения на месте без участия человека.

Вопросы для самопроверки:

- Чем различаются датчики и «умные» датчики?
- Что такое сенсорные сети?

- Какие примеры применения датчиков в системах интернета вещей можно привести?

3.2. Машинное обучение

Ежедневно практически все мы сталкиваемся с искусственным интеллектом: наверняка, вы пользовались Siri, Cortana и другими персональными помощниками на различных платформах (таких, как iOS, Android и Windows). Искусственный интеллект все сильнее проникает в нашу жизнь и уже широко используется в сотовых телефонах и фотоаппаратах, интернет-сервисах, поисковиках, переводчиках, автомобилях и многом другом.

Что же такое искусственный интеллект? Искусственный интеллект – это довольно широкое понятие, которое включает в себя любой математический метод, позволяющий компьютерам имитировать человеческий интеллект. ИИ включает в себя как довольно примитивные, так и продвинутое технологии, и методы. Наряду с искусственным интеллектом, существует несколько смежных понятий, которые необходимо различать – «машинное обучение» и «глубинное обучение».

«Машинное обучение» входит в понятие искусственного интеллекта и является более узким термином, который включает в себя продвинутое статистические методы, позволяющие компьютерам улучшать качество выполняемой задачи с накоплением опыта. То есть, как и в случае с человеком, – чем больше программа выполняет некоторую задачу, тем лучше (точнее) будет результат с каждым разом. Эта категория искусственного интеллекта также включает в себя понятие «глубинное обучение».

«Глубинное обучение» применяют для обозначения такого продвинутого искусственного интеллекта, который способен не только имитировать человеческий интеллект, но и превосходить его в отдельных задачах – распознавание речи, распознавание изображений, управление автомобилем, сочинение музыки и даже написание картин.

Процесс машинного обучения выглядит следующим образом. Например, мы хотим научить искусственный интеллект отличать собак и кошек. На вход модели подаются данные (в нашем случае это изображения кошек и собак, которым присвоен лейбл, – в совокупности изображения

с лейблом называют датасетом), на выходе мы получаем предсказание, что же изображено на картинке. Если ответ, данный обучаемой моделью, совпадает с лейблом, присвоенным картинке, – значит математические параметры модели хорошо подобраны. Если же нет, то математические параметры необходимо регулировать таким образом, чтобы в конечном счете лейбл и предсказание модели были одинаковыми. Это и есть процесс обучения и происходит он итеративно. В результате мы получаем обученную модель с известной точностью предсказания, выраженную в процентах.

Точность демонстрирует, с какой вероятностью данная модель может правильно определить, к какому классу относится новый объект, который она раньше никогда не видела. Например, мы натренировали нашу модель отличать изображения кошек от изображений собак с точностью 90%. Это означает, что если на вход такой модели подать изображение кошки, которого нет в обучающем датасете, то она сможет верно определить, что изображено на картинке в 9 случаях из 10.

Среди основных областей применения машинного обучения – прогнозирование, принятие решений, распознавание образов, анализ и синтез речи, оптимизация, анализ данных и многое другое. В частности, для задач навигации автономных роботов (будь то промышленные манипуляторы или беспилотные автомобили), для защиты информационных систем от кибератак злоумышленников, для выявления болезней по различным медицинским снимкам (фотографии, рентгеновские снимки, результаты МРТ) для прогнозирования рынка ценных бумаг, а также помогают выявлять незаконный контент в сети.

Что интересно, функцию модератора в комментариях на YouTube и Twitter выполняет искусственный интеллект. Google translate и Google search уже давно используют искусственный интеллект для улучшения скорости и качества работы. Также реализованы системы распознавания и генерации голоса для совершения телефонных звонков. Например, компания Google реализовала бота для совершения голосовых звонков «Duplex». Данный бот способен вести полноценный диалог по телефону с другим человеком. Причем у него есть собственный стиль и манера речи, реализована функция включения слов паразитов и пауз. Таким образом создается впечатление, что диалог ведется с настоящим человеком. Бот будет применяться для выполнения таких рутинных задач, как вызов такси, запись к парикмахеру или доктору и заказ столи-

ка в ресторане. Технологии на стыке интернета вещей и алгоритмов искусственного интеллекта нашли свое применение во многих областях: умный дом, умный город и т.п. Умный дом – это комплекс решений для автоматизации каждодневных рутинных задач. Сюда входит домашняя техника - умные розетки, чайники, системы полива цветов – которая контролируется при помощи смартфона - бытовая робототехника (например, робот-пылесос или автоматизированная комнатная мини-теплица) и системы оповещения (камеры внутреннего слежения, датчики защиты от проникновения). Одним из наиболее успешных стартапов в данной области является компания Nest со своим продуктом – умным термостатом. Поскольку вопрос экономии средств на коммунальных услугах на западе стоит особенно остро, то появление такого продукта не могло остаться без внимания.

Данный термостат в течение первой недели после установки «учится» определять, какая температура является оптимальной для домохозяйина и в какое время дня необходимо ее поддерживать. Затем он начинает работать в автоматическом режиме и нагревает воздух в доме до необходимой температуры заведомо перед приходом хозяина домой, и отключает нагрев после его ухода для экономии энергии. Данное решение оказалось весьма актуальным для западного потребителя, стартап Nest очень быстро «взлетел», а в последствие был приобретен компанией Google.

Вопросы для самопроверки:

- Что такое искусственный интеллект, машинное обучение и глубинное обучение?
- Как связаны машинное обучение и интернет вещей?

3.3. Беспроводные технологии

На сегодняшний день беспроводная связь является наиболее удобным видом связи, позволяющим соединить датчики, сервисы и любые другие «вещи» не только локально, но и удаленно, а также предоставить доступ к «вещам» в труднодоступных местах, например, в горах и на постах. Помимо этого, беспроводная связь помогает избежать использо-

вания большого количества кабельной продукции, когда необходимо соединить сотни и тысячи «вещей» в малом объеме.

Беспроводные технологии – технологии передачи данных или энергии между двумя или более точками, которые не соединены проводами. Как правило, беспроводные технологии основаны на возможности передачи информации при помощи изменения одного или нескольких параметров колебаний среды или электромагнитных полей, свободно распространяющихся в пространстве. Наиболее часто в качестве носителя информации используются высокочастотные колебания электромагнитного поля - радиоволны. Дальность передачи может быть совсем маленькой от нескольких сантиметров для технологии NFC (Near field communication), которая используется в бесконтактных платежах, так и очень высокой до нескольких миллионов километров, которая используется в сетях дальней космической связи.

Большой диапазон характеристик позволяет создавать различные типы сетей связи и находит применение в разнообразных продуктах: сотовые телефоны, спутниковое телевидение, навигация, беспроводные микрофоны и многие другие. Стоит отметить, что передать информацию можно и без использования радиоволн. В таком случае несущим сигналом могут являться электромагнитные колебания более высоких частот, как например, видимый свет. Также в качестве несущего сигнала возможно использовать колебания среды (звуковые волны).

Интересный пример системы связи, основанной на звуке, – это барабанный телеграф Африки. Более ста лет назад информация разносилась по всему континенту с молниеносной по тем временам скоростью. Многие африканские языки являются тональными. Это значит, что смысл фразы зависит от высоты тона. Такая особенность и была использована для барабанной связи за счет использования барабанов с изменяемой тональностью. Благодаря тому, что барабанный бой слышно на очень больших расстояниях, африканским племенам удалось обеспечить связь весь континент.

Где же применяются беспроводные технологии? Начнем с того, что беспроводная связь может быть как односторонней, так и двусторонней. Односторонняя связь подразумевает передачу информации только в одном направлении - от передающего устройства к одному или нескольким принимающим. Это важно для применения в системах интернета вещей при осуществлении задач мониторинга, когда удаленные датчи-

ки регулярно отправляют данные о состоянии объекта оператору или устройству, координирующему работу системы мониторинга. Другими примерами односторонней связи могут быть различные вещательные сервисы, такие как FM-радио и телевидение, в том числе спутниковое. Навигационные системы ГЛОНАСС, GPS и Galileo также организованы на вещании навигационной информации со спутников на устройства. В некоторых странах есть радиостанции, которые передают информацию о текущем времени.

В случае двусторонней связи каждое устройство может как принимать, так и передавать данные. Двусторонняя связь представлена знакомыми всем сетями сотовой связи (GSM/UMTS/LTE/5G), беспроводными локальными сетями (Wi-Fi, Bluetooth), переносными и стационарными радиостанциями.

Беспроводная связь – одна из ключевых технологий интернета вещей. Благодаря развитию технологий связи стали возможны многие новые применения - в основном, из-за уменьшения цены, размеров и энергопотребления различных систем связи. Появились специализированные технологии для умного дома, беспилотных автомобилей и умного города.

Связь подразумевает передачу информации между устройствами. Иногда она организуется непосредственно между устройствами, как например, телефон и колонка. А иногда используются дополнительные промежуточные устройства, как например, Wi-Fi точки доступа, базовые станции сотового оператора и другие. Все вместе такие устройства образуют систему, которая позволяет обмениваться информацией. Такие системы и называют системами связи. Помимо оборудования, система связи подразумевает определенные правила взаимодействия между устройствами – протоколы.

К примеру, в протоколах описывается, как передаваемая информация преобразуется в радиоволны и обратно. Существуют различные организации, которые занимаются разработкой и утверждением данных протоколов. Например, консорциум 3GPP работает с сотовыми сетями 3G, 4G/LTE и 5G. Набор протоколов и требований к оборудованию объединяется в стандарт. Благодаря этому, разные производители могут делать совместимые между собой устройства.

В направлении связи для интернета вещей развиваются как полномасштабные системы связи дальнего радиуса действия (LPWAN техно-

логии, Low Power Wide Area Network), так и технологии малого радиуса действия.

LPWAN решения обычно строятся операторами и покрывают большие территории. Эта модель очень похожа на сотовые сети. Самые популярные решения в этой области это NB-IoT, LoRaWan и UNB.

NB-IoT – международный стандарт, развиваемый консорциумом 3GPP. Он развивается на базе существующих сотовых операторов и обеспечивает дальность передачи данных в несколько километров при скоростях порядка 200 кБит/с. Планируется, что в ближайшие несколько лет NB-IoT покрытием будут обеспечены все крупные города.

LoRaWan - энергоэффективный протокол для интернета вещей. В свободной продаже есть базовые станции и чипы, на основе которых можно делать собственные IoT сети. В России уже появились новые компании-операторы связи на базе данной технологии. LoRaWan обеспечивает дальность передачи до десятков километров при скоростях в 100 кБит/с.

UNB (Ultra Narrow Band) - класс технологий, отличающихся сверх низкой скорости и энергопотреблением. В мире наиболее развита сеть французской компании SigFox с одноименным протоколом передачи данных. В России в данном направлении ведут свои разработки компании Waviot и Стриж. Скорость передачи данных в таких системах измеряется сотнями бит/с, а предельная дальность - десятками километров.

Операторские решения обычно находят применения в промышленном интернете вещей, логистике и учете ресурсов. На основе этих технологий создаются различные беспроводные датчики, управляемое наружное освещение и умные приборы учета.

Помимо операторских решений развивались технологии для локальных сетей малого радиуса действия. По принципу использования они больше похожи на привычный Wi-Fi и предназначены в основном для построения систем умного дома. Самые популярные технологии в этом разделе - это ZigBee и Z-Wave. Также для использования в устройствах была создана модификация стандарта Bluetooth - BLE (Bluetooth Low Energy).

Типичными примерами продуктов на основе этих технологий считаются различные датчики протечки, умные лампы и чайники, электронные замки и любительские погодные станции. Несмотря на то, что свет, как и радио является электромагнитными волнами, системы связи на его основе относят в отдельную категорию. К этой группе относятся продук-

ты на основе инфракрасного излучения (пульта управления, ИК-порты), лазерные системы передачи данных и локальные сети связи на основе модулированного освещения Li-Fi.

Межмашинная передача данных через звук не распространена, но имеет место быть. Например, Яндекс.Станция настраивается, получая данные с телефона через звук. Также бывает, что техподдержка бытовой техники, может получить код ошибки через звуковой канал телефона, если поднести его к устройству.

Важным разделом беспроводных технологий является беспроводная передача энергии. Самый популярный стандарт - Qi. Помимо передачи энергии стандарт подразумевает обмен данными. Это используется для того, чтобы передатчик (заряжающее устройство) знало о состоянии заряжаемой батареи и поддерживаемых мощностях, и форматах.

Таким образом, направление беспроводных технологий очень развито – уже сейчас телефоны позволяют обмениваться данными со скоростями в Гбит/с и заряжаются беспроводным образом. В ближайшем будущем устройства по всему миру будут подключены к сети Интернет без проводов.

Вопросы для самопроверки:

- Какие существуют протоколы передачи данных, используемые в системах интернета вещей?

3.4. Программное обеспечение

Вероятно, вы уже встречали такие предметы, как умный чайник, робот-пылесос или умная лампа. Парой кликов по экрану мобильного телефона можно вскипятить воду, убрать пол или выключить свет. Но что на самом деле происходит от момента касания экрана до исполнения вашей задумки? Тысячи строк кода программного обеспечения, разнообразных устройств объединенные в единую систему, обрабатывают запрос, исправляют возможные ошибки и возвращают ответ - «Чайник включен».

Напомним, что под интернетом вещей подразумевают не только само устройство, которое выполняет необходимое действие, тот же чайник, к

примеру, но и систему связи для передачи данных, сервера для обработки и хранения информации, а также клиентское приложение или вебсайт. В каждом блоке этой системы работает определенное программное обеспечение со своими особенностями.

Программное обеспечение (ПО) – программа или множество программ, используемых для управления компьютером. В нашем случае не только компьютером, но еще и другими устройствами.

В конечных устройствах вроде фитнес-браслета или умного чайника в качестве системы управления используются микроконтроллеры – небольшие компьютеры по своей сути, компоненты которого – микропроцессор, оперативная память и периферийные устройства расположены на одном кристалле. На микроконтроллерах работают программы, собирающие и анализирующие информацию с датчиков, принимающие решения и формирующие управляющие воздействия. В более сложных устройствах могут быть использованы полноценные компьютеры, но основную массу интернета вещей составляют устройства на микроконтроллерах. Программное обеспечение, исполняющееся в этих устройствах, называется встраиваемым.

Современные устройства часто работают на аккумуляторах, а значит возникает потребность в энергоэффективности. Частой практикой в этой связи является ситуация, когда микроконтроллер большую часть времени находится в энергосберегающем (спящем) режиме и иногда запускается для основной работы.

ПО для интернета вещей можно разделить на три группы:

- Встраиваемое программное обеспечение (Embedded);
- Серверное программное обеспечение (Backend);
- Веб-интерфейсы и мобильные приложения (Frontend/ Applications).

Рассмотрим каждый из этих видов отдельно. Особенностью разработки встраиваемого программного обеспечения являются ограничения по производительности, памяти и энергопотреблению микроконтроллеров.

Обычно разработка ведется на языках C или C++, однако сейчас имеется возможность разработки на более высокоуровневых языках программирования, таких как Python и JavaScript.

Чаще всего разработка ведется под конкретный микроконтроллер или семейство микроконтроллеров. Это связано с тем, что программа

исполняется непосредственно контроллером, а не операционной системой. На самом деле для микроконтроллеров тоже есть операционные системы, но они существенно отличаются от привычных операционных систем и далеко не всегда используются. При этом программное обеспечение тесно взаимодействует с аппаратным обеспечением (конкретного контроллера). Поэтому, перенос программного обеспечения на другую платформу довольно трудоемкий процесс. Готовую программу, загружаемую в контроллер, называют прошивкой.

В современном мире очень важна скорость разработки программного обеспечения, которая неизбежно влечет за собой необходимость обновлять прошивки на устройствах. Новые версии исправляют ошибки, допущенные в спешке при работе над старой версией, а также могут добавлять новые функции. Отметим особо, что важным аспектом интернета вещей является надежность. Зачастую, исходя из финансовых соображений, выбираются не самые надежные компоненты, которые влекут за собой ошибки при считывании данных с датчиков. Часть проблем удается решить программным образом.

С развитием технологий достаточно дешевыми стали одноплатные компьютеры. Наиболее популярные из них — серия Raspberry Pi. Они работают на операционной системе с ядром Linux, что существенно расширяет возможности встраиваемой разработки. Несмотря на то, что это практически полноценный компьютер, разработку под него относят к встраиваемому программному обеспечению из-за тесного взаимодействия с периферийными устройствами.

Устройства интернета вещей собирают данные, которые хранятся и обрабатываются на серверах. Каким же образом данные из устройств передаются и попадают на сервера?

Это можно сделать, например, с помощью подключения устройства к сети Интернет через сотовую сеть или домашнюю точку доступа Wi-Fi. Также развиваются специализированные технологии передачи данных такие, как ZigBee или группа технологий LPWAN (Low-Power Wide-area Network - энергоэффективная сеть дальнего радиуса действия).

В любом случае, при разработке серверной части системы необходимо принимать во внимание характеристики каналов передачи данных от устройств до серверов. Следует учитывать скорость передачи данных, задержки и возможные потери.

Важно, чтобы система была устойчива к различным сбоям соедине-

ния. Для этого используют подтверждения приема и повторные послышки в случае, если подтверждение не было получено. Кроме того, в управляющие команды вводят время, в течение которого команда будет актуальна. Помимо особых механизмов взаимодействия с устройствами, серверное ПО для интернета вещей должно хорошо масштабироваться, т.к. по прогнозам многих компаний, например, Cisco, в ближайшие годы ожидается значительный рост числа устройств интернета вещей.

В разработке веб-интерфейсов и мобильных приложений для интернета вещей также есть свои особенности. Во-первых, необходимо учитывать возможные задержки при выполнении различных действий. Отправка команды на устройство через сервер может занимать больше времени, чем обмен информацией с базой данных, поэтому приложения должны быть устойчивы к таким ситуациям, а также учитывать это в своем интерфейсе.

Во-вторых, некоторые устройства используют мобильный телефон, как точку доступа и взаимодействуют непосредственно с приложением.

Оно в свою очередь уже взаимодействует с серверным программным обеспечением. Даже если на сервере не требуется хранить какие-либо данные, подключение все равно необходимо, например, для обновления прошивки устройства.

Нередко можно встретить организацию работы, когда устройство подключается к телефону по Bluetooth, а приложение подключается к серверу через Wi-Fi или сотовую сеть. Хорошим тоном при разработке такой схемы работы считается организация промежуточного хранилища данных в приложении. Это необходимо в тех случаях, когда подключение к сети Интернет и подключение к устройству может поочередно пропадать. Тогда при наличии Интернета телефон загружает обновленную прошивку во временное хранилище и только потом отправляет на устройство.

Возьмем, к примеру, систему управления освещением Philips Hue. В ней мобильный телефон может работать напрямую с устройствами без использования Интернета или облачных сервисов. Это сделано для того, чтобы включать и выключать свет в доме было возможно, когда Интернет по какой-либо причине может быть недоступен.

Тестирование – важная часть разработки. В интернете вещей часто требуется механическое взаимодействие с устройством для его проверки. Для этих целей создают HIL-системы тестирования. Суть заключает-

ся в том, что для тестирования устройств строится специальная машина, имитирующая внешние воздействия — она нажимает на кнопки, имитирует данные с датчиков. Такой подход позволяет проиграть различные варианты работы и обнаружить проблемы на ранней стадии. Часто разработка блоков большой системы ведется параллельно. Но что делать, если часть программного обеспечения на серверной стороне готова и нужно начинать тестирование, а прототип устройства новой версии еще не готов?

В таких случаях создают так называемых «цифровых двойников», «заглушек» - программ, которые имитируют поведение устройства. Это позволяет не только ускорить разработку системы, но моделировать различные сбои и смотреть за поведением системы по время аварий.

Разработка и тестирование программного обеспечения для интернета вещей имеют ряд особенностей, о которых нельзя забывать. Главные из них — ограниченные ресурсы при разработке под микроконтроллеры, ненадежные каналы передачи данных между устройствами и серверами, быстрый рост числа устройств и сложные системы тестирования. Только учитывая эти особенности и используя правильные инструменты, можно построить надежную и масштабируемую систему.

.....

Вопросы для самопроверки:

- Какие типы программного обеспечения используются в системах «интернета вещей»?
- Какие характеристики имеет Raspberry Pi?

3.5. Облачные технологии

Понятие «облачные технологии» сейчас на слуху, но что же представляет из себя данный термин? И какое отношение облачные технологии имеют к нашей повседневной жизни? В разделе мы рассмотрим, что такое облачные технологии, какие существуют виды облачных услуг, расскажем о наиболее популярных облачных платформах, предлагаемых компаниями Amazon, Google, Microsoft, IBM, Oracle, а также покажем, каким образом облачные технологии можно использовать в контексте интернета вещей.

Облачные технологии – это технологии распределенной обработки

данных, с помощью которых разнообразные ресурсы, такие как вычислительные мощности, хранилища данных, каналы связи предоставляются пользователям как онлайн-сервис. Программы запускаются на удаленных серверах в центрах обработки данных, а пользователи получают результаты работы в окне браузера на своем компьютере или в приложении на смартфоне.

Одним из ярких примеров облачных технологий является электронная почта. Сейчас для ее использования, как правило, не требуется закупать и устанавливать собственные сервера, подключать их к Интернету и заниматься обслуживанием. Достаточно просто зайти на страницу почтового сервиса, ввести логин и пароль и получить доступ к почтовому ящику на своем компьютере, смартфоне или на любом другом устройстве, подключенном к Интернету.

Преимущество облачных технологий заключается в том, что пользователь имеет доступ к собственным данным, но не должен заботиться о покупке и поддержании инфраструктуры, установке и обслуживании программного обеспечения, резервном копировании и многих других трудностях. Слово «облако» – это метафора, олицетворяющая сложную инфраструктуру, скрывающую за собой все технические детали. Вы вероятно слышали и использовали множество облачных продуктов, например, Google Docs и Office365, позволяющие совместно редактировать документы в окне браузера, сервисов электронной почты от Google, Яндекс или Mail.ru, разнообразные облачные хранилища, интернет-банки, онлайн-кинотеатры и многие-многие другие.

Облачная концепция подразумевает возможность быстрого и автоматического получения услуги без вложения в дорогостоящую инфраструктуру. Это кардинальным образом меняет подходы к ведению бизнеса: снижается необходимость инвестировать в собственную инфраструктуру, все используют типовые облачные решения, а значит унифицируются облачные сервисы и технологии. Вопросы доступности и непрерывности ведения бизнеса решаются проще, растёт скорость ведения бизнеса и принятия решений. Всё это – результат широчайшего внедрения облачных решений, которое мы наблюдаем.

Стоит отметить, что практически все технологии, которые используются в рамках облачной парадигмы, существовали и раньше. Тем не менее долгое время на рынке не было предложений, которые бы объединяли перспективные технологии в едином коммерчески привлекательном ре-

шении. И только в последние 7-8 лет появились публичные облачные сервисы, благодаря которым эти технологии стали, с одной стороны, предельно доступны разработчику, а с другой — понятны для бизнеса. Также на это обстоятельство повлияло и повсеместное распространение высокоскоростных каналов интернет-связи, которое сделало возможным интенсивный обмен данными с компьютерами, находящимися в «облаке». Созревание технологий Web 2.0 позволило выполнять функционально насыщенные веб-приложения непосредственно в окне веб-браузера, а не запускать их на локальном компьютере или в локальной сети. В какой-то мере успеху облачных вычислений содействовало также развитие интернет-сервисов, которые предоставляют доступ к своим данным посредством специальных программных интерфейсов (API).

С помощью API программы на различных компьютерах могут взаимодействовать с сервисом в автоматическом режиме без участия человека. К примеру, автоматически уведомлять вас по смс, при поступлении средств на банковский счет. Действительно, когда разработчик создает приложение, которое обслуживает удаленных пользователей на основе данных из удаленного источника (например, из Facebook), то вполне логично, что и промежуточный этап — обработка данных — также может осуществляться на удаленной облачной площадке. Термин «облако» — широкий и подразумевает разные варианты использования. Существует несколько общепринятых классификаций облачных технологий. Самая распространённая — «трёхуровневая модель IaaS-SaaS-PaaS» по механизму обслуживания и набору предоставляемых сервисов.

IaaS (Infrastructure as a Service, инфраструктура как услуга) — предоставление аппаратной IT-инфраструктуры, включающей серверы, устройства хранения, сетевое оборудование. Фактически это аренда оборудования по требованию. Преимущества такой аренды очевидны: не нужно покупать физическое оборудование, не нужно тратить время и деньги на обслуживание — достаточно заплатить кредитной картой и в считанные минуты получить полнофункциональный виртуальный сервер, по функциональным возможностям практически ничем не уступающий собственному физическому. Например, вам нужен сервер для размещения вашего сайта. Вы можете приобрести виртуальный, сами разворачиваете на нем необходимое программное обеспечение и вот ваш сайт уже в сети.

SaaS (Software as a Service) – это предоставление ПО, как услуги (например, Office365 от Microsoft, Wolfram, платные онлайн-сервисы Google и т.п.). Онлайн кинотеатры предоставляют возможность доступа к хранилищам с фильмами и сериалами в любом месте и любое время, лишь бы у вас было хорошее подключение к сети Интернет.

PaaS (Platform as a Service – платформа как услуга). Это полномасштабная облачная среда, включающая API и сервисные утилиты для всего цикла разработки, создания, распространения и обслуживания облачных сервисов. Это облачная среда, в которой создается продукт, тестируется, обслуживается. Среди известных решений можно выделить Google, MS Azure, Pivotal Cloud Foundry (PCF) от Dell. Это самый сложный класс облачных систем. Что именно придет на смену трехзвенной модели, пока трудно сказать, и различные компании выдвигают самые разные варианты. Так, аналитики Gartner считают, что в конечном счете облачные технологии приведут к появлению концепции Everything as a Service («все как услуга»).

Сегодня в домах, на заводах, объектах нефтедобычи, в больницах, автомобилях и других местах используются различные устройства. Стремительный рост числа устройств вызывает потребность в сборе, хранении и обработке больших объемов данных. Для решения такого рода задач, до появления облачных технологий потребовалось бы инвестировать в дорогую инфраструктуру, строить центры обработки. Сейчас же для решения подобных задач хорошо подходят масштабируемые, безопасные облачные инфраструктуры, которые позволяют обслуживать до миллиардов различных устройств интернета вещей и триллионов сообщений.

Одним из лидеров на этом рынке является сервис AWS IoT. Он работает на основе облака Amazon, используется миллионами клиентов в 190 странах и без труда масштабируется по мере роста парка устройств и потребностей бизнеса. Кроме того, AWS IoT обладает полным комплексом возможностей безопасности, что позволяет создавать превентивные политики безопасности и немедленно реагировать на потенциальные угрозы. А интеграция AWS IoT с сервисами искусственного интеллекта расширяет интеллектуальные возможности устройств даже при отсутствии подключения к Интернету.

Облачные технологии необходимы для интернета вещей по нескольким причинам. Во-первых, устройства интернета вещей – это миниатюр-

ные устройства с ограниченными вычислительными возможностями. Поэтому все данные от таких устройств передаются в облако, где происходят вычисления, а пользователь или устройство интернета вещей получает лишь результат. Во-вторых, облачные технологии позволяют хранить все массивы данных, получаемые от датчиков и всех устройств интернета вещей, способных генерировать данные. В-третьих, облачные технологии могут выполнять роль посредника между пользователем и устройствами интернета вещей, которые могут быть развернуты где-то далеко за несколько сотен или тысяч километров.

В этом случае, пользователь работает лишь с «цифровыми двойниками» реальных устройств, которые реализованы в программном виде. «Цифровые двойники» позволяют автоматизировать процесс взаимодействия во всей эко системе интернета вещей, а также помочь человеку в работе на уровне приложения, не вдаваясь в технические детали и стандарты взаимодействия реальных устройств.

Вопросы для самопроверки:

- Что входит в состав трехуровневой классификации облачных технологий?
- Как облачные технологии связаны с интернетом вещей?

**Сколковский институт
науки и технологий**

Территория Инновационного Центра
“Сколково”, Большой бульвар д.30, стр.1
Москва 121205

Телефон: +7 (495) 280 14 81

Email

iot@skoltech.ru

Сайт

<https://iot.skoltech.ru/>